

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Udržovací činitel v soustavách vnitřního osvětlení**  
**Maintenance factor in indoor lighting systems**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Jurtík**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: **Udržovací činitel v soustavách vnitřního osvětlení**  
**Maintenance factor in indoor lighting systems**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- Definice udržovacího činitele
- Faktory ovlivňující velikost udržovacího činitele
- Změny v pohledu na udržovací činitel ve smyslu CIE
- Výpočet udržovacího činitele u vybraných osvětlovacích soustav
- Návrh osvětlovací soustavy

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [2] Habel, J.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013
- [3] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- [4] Manuály k výpočetním programům (WILS, Reluix, Dialux)


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

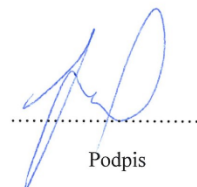
## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Ostravě dne 30.4.2019.....



Podpis

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc. za cenné rady, připomínky a nápady při konzultaci a psaní bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během mého studia.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá udržovacím činitelem v soustavách vnitřního osvětlení. V této práci se popisují vlastnosti vnitřní osvětlovací soustavy, stárnutí materiálů, faktory ovlivňující udržovací činitel a jejich možná eliminace. Dále se v této bakalářské práci popisuje nový způsob určování udržovacího činitele, neboť stávající je zastaralý. V praktické části se bakalářská práce zabývá výpočtem udržovacího činitele. Pomocí programu Dialux jsou navrženy osvětlovací soustavy s ohledem na udržovací činitel a jejich ekonomické porovnání.

## Klíčová slova

Udržovací činitel, svítidlo, světelný zdroj, osvětlení, vnitřní soustava, osvětlovací soustava, umělé osvětlení

## Abstract

This bachelor thesis deals with the maintenance factor in interior lighting systems. Main focus of this thesis is put on properties of internal lighting system, aging of materials, factors influencing maintenance factor and their possible elimination. Furthermore, this bachelor thesis describes a new way of determining the maintenance factor, because the current one is obsolete. In the practical part the thesis deals with the calculation of the maintenance factor. The lightening systems are designed considering maintenance factors and their economic comparison by using dialux program.

## Key words

Maintenance factor, lighting, light source, lighting, indoor systems, lighting systems, artificial light,

# Obsah

Obsah.....	6
Úvod.....	11
1. Definice udržovacího činitele.....	13
2. Faktory ovlivňující velikost udržovacího činitele .....	16
2.1 Plán údržby.....	16
2.2 Nevratné ztráty (NRF - Non Recoverable Factors ).....	19
2.3 Vratné ztráty.....	20
2.3.1 Činitel stárnutí světelného zdroje LLMF .....	20
2.3.2 Činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje LSF.....	20
2.3.3 Udržovací činitel svítidla LMF .....	22
2.3.4 Udržovací činitel povrchů RSMF.....	25
2.4. Předřadník .....	27
2.4.1 Induktivní předřadníky pro zářivky a výbojky.....	28
2.4.2 Elektronické předřadníky pro zářivky a výbojky .....	28
2.4.3 Transformátory pro napájení halogenových žárovek .....	29
3. Změny v pohledu na udržovací činitel ve smyslu CIE.....	30
3.1 Normalizace udržovacího činitele.....	32
3.2 Změny v ISO/CIE TS 22012:2019.....	32
3.3 Určování udržovacího činitele podle nové směrnice ISO/CIE TS 22012 .....	34
3.2.1 Činitel snížení světelného toku.....	34
3.2.2 Činitel funkční spolehlivosti .....	34
3.2.3 Činitel znečištění svítidla .....	34
3.2.4 Činitel znečištění povrchů .....	34
4. Výpočet udržovacího činitele u vybraných osvětlovacích soustav .....	35
4.2 Příklad výpočtů .....	35
4.2.1 Soustava a) .....	36
4.2.2 Soustava b).....	38
5. Návrh osvětlovací soustavy.....	40
5.1 Osvětlovací soustava 1 .....	41
5.2 Osvětlovací soustava 2 .....	44

5.3	Porovnání nákladů osvětlovacích soustav .....	47
Závěr	.....	49

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Název symbolu
MF	-	Udržovací činitel
$z$	-	Udržovací činitel (staré značení)
$f_m$	-	Udržovací činitel (nejnovější značení)
LLMF	-	Činitel stárnutí světelného zdroje
LSF	-	Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů
$MF_{\text{Dimenzování}}$	-	Dimenzování osvětlovací soustavy
E	lx	Osvětlenost
$E_m$	lx	Udržovaná osvětlenost
$P_s$	W	Příkon svítidla
$P_c$	W	Celkový příkon soustavy
$P$	kWh	Spotřebovaná energie za rok
$t_r$	h	Čas za rok
n	-	Počet svítidel
c	kč	Cena spotřeby za rok



## Seznam ilustrací

Obrázek 1 Pokles relativní osvětlenosti na udržované a neudržované soustavě, zobrazení nevratných a vratných ztrát a jejich činitelů [6] .....	15
Obrázek 2 Typická křivka vyhoření světelných zdrojů [2] .....	21
Obrázek 3 Typické příklady činitele stárnutí světelného zdroje (LLMF) a činitele funkční spolehlivost světelného zdroje (LSF) (Doba svícení je v tisících hodinách).....	21
Obrázek 4 Příklady odrazností vybraných povrchů v procentech (%) [12] .....	26
Obrázek 5 Čistá hala s vysokou odrazností ploch [8] .....	26
Obrázek 6 Temná hala s minimální odrazností [8] .....	27
Obrázek 7 Integrovaný předřadník kompaktní žárovky a samostatný předřadník pro napájení světelných diod (LED driver) [5] .....	28
Obrázek 8 Tlumivka, zapalovač, startér [5] .....	28
Obrázek 9 Elektronický předřadník [5].....	29
Obrázek 10 Vliv teploty na poruchovost elektronických předřadníků [5] .....	29
Obrázek 11 Toroidní transformátor k napájení 12 V halogenových žárovek .....	29
Obrázek 12 Plně funkční LED svítidlo [13].....	31
Obrázek 13 Snížení osvětlenosti LED svítidla ( $L_x, B_y$ ) [13].....	31
Obrázek 14 Náhlé selhání individuálních čipů a náhlá smrt LED svítidla ( $L_0, C_x$ ) [13].....	31
Obrázek 15 Volitelné hodnoty ve výpočtovém programu .....	35
Obrázek 16 Zadané hodnoty pro soustavu a) .....	36
Obrázek 17 Vypočtené hodnoty pro soustavu a).....	37
Obrázek 18 Zadané hodnoty pro soustavu b).....	38
Obrázek 19 Vypočtené hodnoty pro soustavu b) .....	39
Obrázek 20 Svítidlo.....	40
Obrázek 21 Vyzařovací charakteristika .....	40
Obrázek 22 Naddimenzování osvětlovací soustavy 1 .....	41
Obrázek 23 Faktory údržby osvětlovací soustavy 1 .....	41
Obrázek 24 Odraznosti ploch osvětlovací soustavy 1 .....	42
Obrázek 25 Rozložení osvětlenosti osvětlovací soustavy 1 .....	42
Obrázek 26 Spotřeba světelného zdroje osvětlovací soustavy 1 .....	43
Obrázek 27 Výsledky udržovacího činitele osvětlovací soustavy 1 .....	43
Obrázek 28 Naddimenzování osvětlovací soustavy 2 .....	44
Obrázek 29 Faktory údržby osvětlovací soustavy 2.....	44
Obrázek 30 Odraznosti ploch osvětlovací soustavy 2 .....	45
Obrázek 31 Rozložení osvětlenosti osvětlovací soustavy 2 .....	46
Obrázek 32 Spotřeba světelného zdroje osvětlovací soustavy 2 .....	46
Obrázek 33 Výsledky udržovacího činitele osvětlovací soustavy 2 .....	47

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Třídění vnitřních prostorů podle kategorie prostředí a doporučené intervaly osvětlenosti [1] ...	16
Tabulka 2 Doporučené rozsahy osvětlenosti podle CIE [2] .....	17
Tabulka 3 Doporučené intervaly čištění svítidel jednotlivých typů pro různé kategorie prostředí [1] .....	18
Tabulka 4 Počty provozních hodin umělého osvětlení pro typické aplikační oblasti [1].....	19
Tabulka 5 Typické příklady udržovacího činitele svítidla LMF (tato tabulka je převážně pro svítidla venkovního osvětlení) [7].....	22
Tabulka 6 Směrné hodnoty činitele prostupu světa [10] .....	24
Tabulka 7 Příklady činitelů odrazu materiálů používaných na výrobu zrcadlových reflektorů [1] .....	25
Tabulka 8 Tabulka hodnot konstant $C$ a $\tau$ [4] .....	25
Tabulka 9 Příklady vlivu četnosti zapínání a typu předřadníku na průměrný život lineárních zářivek TLD (T8) a T5. (Poznámka: zářivky T5 používají pouze elektronický předřadník) [5].....	30
Tabulka 10 Porovnání osvětlovacích soustav a jejích nákladů na provoz .....	48

# Úvod

Pro přesné a účinné vykonávání zrakově náročných úkonů, je třeba vytvořit vhodné podmínky osvětlení. Tyto podmínky lze provést několika způsoby. A to denním osvětlením, které bývá ekonomicky nejefektivnější a je nezastupitelné, dále umělým osvětlením, nebo jejich kombinací, kdy pak mluvíme o osvětlení sdruženém. Úroveň osvětlení a zrakové pohody požadovaná pro velké množství pracovních prostorů závisí na druhu a době trvání činnosti.

Cílem osvětlení je vytváření zrakové pohody, což je příjemný a příznivý psychologický stav organismu, vyvolaný optickou situací vnějšího prostředí. Tyto potřeby jsou pro člověka důležité při práci nebo odpočinku a umožňují zraku optimálně fungovat. Správné osvětlení ovlivňuje kvalitu práce, únavu, povzbuzuje náladu a zdravotní stav lidského organismu.

Vnitřní prostory se obecně liší funkčním využitím. Normy se touto problematikou zabývají také a rozdělují vnitřní prostory do aplikačních oblastí s podrobnějším dělením na dílčí zrakové úkoly, podle kterých jsou poté přiřazeny požadované světelné technické parametry. Vnitřní prostory lze rozdělit do těchto skupin:

- administrativní prostory
- průmyslové prostory
- zemědělské prostory
- školy a vzdělávací zařízení
- zdravotnická zařízení
- obchodní prostory
- muzea a galerie
- kina a divadla
- historické prostory
- sakrační prostory
- restaurace, stravovací zařízení, bary
- hotely a ubytovací zařízení
- byty, rodinné domy
- dopravní prostory
- vnitřní sportoviště

Umělé osvětlení realizujeme pomocí umělých světelných zdrojů. Tyto zdroje se používají převážně tam, kde umělé světlo je nedostatečné např. odvrácena budova od slunce, vzdálená místa od oken nebo zastínění pracovní plochy překážkou. Čím je obtížnější zrakový výkon, tím je nutná vyšší intenzita osvětlení, protože oko musí rozlišovat menší detaily. Potřebná intenzita se zvyšuje s délkou zrakové činnosti, s rychlostí změn pozorovaného detailu a s menšími kontrasty pozorovaných ploch.

V průběhu času dochází ke znečištění svítidel (i světelných zdrojů v nich umístěných). Tím se zhorší odrazné schopnosti reflektoru i propustnost difuzoru – účinnost svítidla klesne, sníží se osvětlenost na pracovní ploše. Podobně dochází v průběhu provozování (ale i v době, kdy nejsou pod napětím) k fyzikálně-chemickým změnám i ve světelných zdrojích. [1] [2] [9]

# 1. Definice udržovacího činitele

„Udržovací činitel je definován jako podíl průměrné osvětlenosti pracovní roviny po určité době používání osvětlovací soustavy a průměrné osvětlenosti soustavy, kterou lze považovat za novou.“ [2]

Všechny osvětlovací soustavy se od uvedení do provozu znehodnocují. Toto znehodnocení probíhá jak ve vnitřních, tak venkovních osvětlovacích soustavách a postupně snižuje hladinu osvětlenosti. Je způsobeno usazováním nečistot a prachu na všech nechráněných površích světelných zdrojů, svítidel i na stěnách místnosti. Tímto znečištěním se snižuje činitel prostupu nebo odrazu, ale také úbytek světelného toku zdrojů, jejich vyhořením a stárnutím povrchů místnosti. Jelikož se osvětlenost snižuje postupně, je poměrně těžké to zpozorovat pouhým okem. Snižování osvětlenosti může mít za následek zvýšení množství chyb při práci, což může vést až k úrazu nebo může vyvolat zrakovou únavu. Pokud tyto faktory nejsou vzaty v úvahu, dochází ke snižování osvětlenosti na takové hodnoty až se osvětlovací soustava stává z hygienického hlediska nevyhovující, z energetického hlediska neúčinnou a z estetického hlediska nevzhlednou.

I při velmi dobře navrženém plánu údržby dochází k poklesu světelného toku. Osvětlovací soustava musí být navržena a předimenzovaná tak, aby i v době, kdy je hodnota udržovacího činitele nejnížší, splňovala velikost požadované (udržované) osvětlenosti. Při dimenzování osvětlovací soustavy se vychází z tzv. *udržovacího činitele* (MF – *maintenance factor*, starší značení  $z$ ). Tento udržovací činitel je definován jako podíl průměrné udržované osvětlenosti  $\bar{E}_m$  a průměrné osvětlenosti  $\bar{E}_0$  zajištěné osvětlovací soustavou v novém stavu:

$$MF = \frac{\bar{E}_m}{\bar{E}_0} \quad (-;lx, lx) \quad (1.1)$$

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF \quad (-; -, -, -, -) \quad (1.2)$$

Se starým značením bude vzorec vypadat následovně

$$z = z_z \cdot z_f \cdot z_s \cdot z_p \quad (1.3)$$

kde:

LLMF - *lumen lamp maintenance factor*, činitel stárnutí světelných zdrojů, staré značení  $z_z$

LSF – *lamp survival factor*, činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje, staré značení  $z_f$

LMF – *luminare maintenance factor*, udržovací činitel svítidla, staré značení  $z_s$

RSMF – *room surface maintenance factor*, udržovací činitel povrchů, staré značení  $z_p$

Převrácená hodnota udržovacího činitele nám říká kolikrát je nutné předimenzovat udržovací soustavu, aby v průběhu jejího používání neklesla její osvětlenost pod požadovanou hodnotu udržovacího činitele. Z tohoto lze jednoduše říci, že udržovací činitel má velký vliv na energetickou náročnost osvětlení a je důležité, aby se při jeho návrhu dosahovalo velké hodnoty udržovacího činitele při minimálních nákladech na údržbu. Pokud budeme mít osvětlovací soustavu, která má plynulou regulaci světelného toku, můžeme nastavit přesnou hodnotu osvětlenosti a tím dimenzování částečně vynechat. Stárnutí světelné soustavy se kompenzuje nastaveným časovým programem, který zvyšuje příkon světelných zdrojů.[1][4]

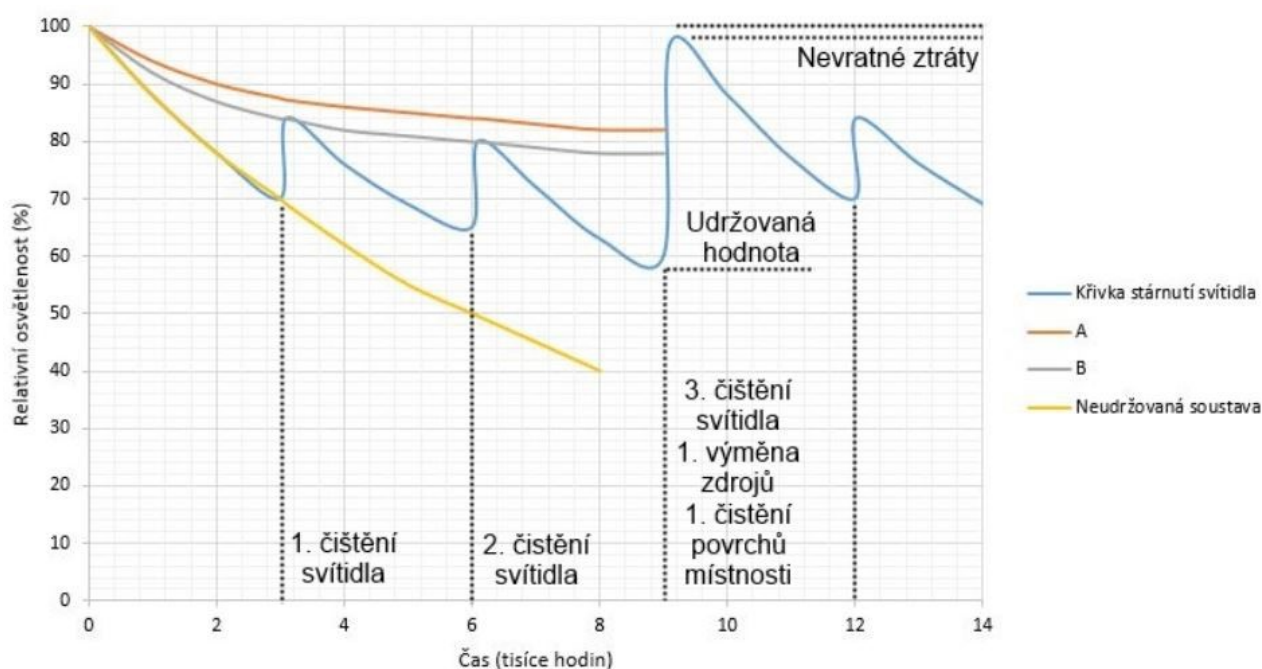
„Při stanovení udržovacího činitele se postupuje takto:

1. Pro řešený prostor se navrhne vhodný typ světelného zdroje a svítidla.
2. Je-li pro danou osvětlovací soustavu vhodná skupinová výměna, stanoví se její interval.
3. Pro interval z kroku 2 se zjistí hodnoty LLMF a LSF z údajů uváděných výrobcem světelných zdrojů případně podle typických údajů v normě [TNI 36 0451]. V případě individuální výměny je  $LSF = 1$ .
4. Stanoví se kategorie prostředí (tabulka 1).
5. Stanoví se interval čištění svítidel a obnovy povrchů.
6. Pro interval stanovený v kroku 5 se zjistí hodnota LMF z údajů uváděných výrobcem svítidel případně podle typických údajů v normě [TNI 36 0451].
7. Pro interval stanovený v kroku 5 se stanoví hodnota RSMF podle typických údajů v normě [TNI 36 0451] nebo se stanoví výpočtem.
8. Vypočítá se udržovací činitel podle vztahu (1.2).

V rámci návrhu musí být uvedeno:

- Velikost udržovacího činitele
- Přehled všech předpokladů použitých při stanovení udržovacího činitele
- Specifikaci osvětlovacího zařízení vhodného pro použití v daném prostředí
- Kompletní plán údržby, obsahující intervaly výměny světelných zdrojů, čištění svítidel, obnovy povrchů, čištění zasklení a způsobu jejich provádění“[1]

Na následujícím obrázku 1 je uveden a znázorněn rozdíl mezi udržovanou a neudržovanou osvětlovací soustavou. Můžeme si všimnout, že neudržovaná soustava se po 6 tisících hodinách může dostat až na 50 % její původní osvětlenosti. Pokud ale danou soustavu udržujeme a staráme se o ní podle plánu údržby, můžeme se s naprosto stejnou osvětlovací soustavou dostat na 80% původní osvětlenosti pouhým čištěním svítidla. Z grafu je ale nejvýznamnější bod při 9 tisících hodinách, kdy se dostáváme z hodnoty 60 % na hodnotu zhruba 97 %. Tento nárůst vzniká díky hromadné či individuální výměně svítidel, výměně zdrojů a čištění povrchů místnosti, čímž se zvýší činitele odrazu.



Obrázek 1 Pokles relativní osvětlenosti na udržované a neudržované soustavě, zobrazení nevratných a vratných ztrát a jejich činitelů [6]

*A – Znázornění stárnutí povrchů místnosti*

*B – Znázornění stárnutí světelného zdroje*

## 2. Faktory ovlivňující velikost udržovacího činitele

Je mnoho faktorů, které ovlivňují velikost udržovacího činitele. Jeden z nejdůležitějších je správně naplánovaná údržba osvětlovací soustavy. Ovlivňující činitele také můžeme rozdělit na vratné a nevratné. Velmi také záleží na místě nebo činnosti, které se v dané místnosti vykonávají a je třeba je zohlednit a rozlišit. Například prach a špína v nemocničním zařízení bude mnohonásobně menší než ve slévárně. Nemůžeme také říci, že černé špína ve slévárně bude totožná jako bílá špína v pekárně. [1]

### 2.1 Plán údržby

To, jak je osvětlovací soustava udržovaná výrazně přispívá k její ekonomické a funkční vlastnosti. Právě proto je nejdůležitější správně stanovit plán údržby, který stanovuje časový harmonogram jednotlivých úkonů nebo hromadné činnosti jako jsou např. čištění svítidel, výměna zdrojů a jiných světelně činných ploch s intervalem výměny světelných zdrojů. Návrh doby čištění závisí na daném typu svítidla, druhu prostředí, hygienických požadavcích a na nákladech na čištění.

Podle čistoty se dělí vnitřní prostory na 4 základní skupiny:

-velmi čisté

-čisté

-normální

-špinavé

Hlavním kritériem pro zařazení do skupin jsou samostatné prostory a pro ně jsou pak doporučeny časové intervaly kontroly hladin osvětlenosti.

Označení	Kategorie prostředí	Typy prostoru	Kontrolní interval t (rok)
VČ	velmi čisté	Čisté místnosti, závody na výrobu polovodičů, nemocniční oddělení, výpočetní střediska	3
Č	čisté	Úřady, školy, areály nemocnic	3
N	normální	Obchody, laboratoře, restaurace, obchodní domy, montážní plochy, dílny	2
Š	špinavé	Ocelárny, chemické závody, slévárny, svařování, leštění, práce s dřevem	1

*Tabulka 1 Třídění vnitřních prostorů podle kategorie prostředí a doporučené intervaly osvětlenosti [1]*



Výměnu světelných zdrojů můžeme provádět dvěma způsoby:

1. Individuální výměnou – světelné zdroje můžeme vyměnit ihned po jejich výpadku.
2. Skupinovou výměnou – světelné zdroje vyměníme v celé osvětlovací soustavě najednou.

Tyto dva způsoby výměny se dost často kombinují, avšak u soustav, které jsou rozsáhlé, bývá finančně výhodnější světelné zdroje vyměnit v celé osvětlovací soustavě najednou. Dimenzování osvětlovací soustavy a plán údržby spolu souvisí, a proto je třeba tento plán dodržovat, aby předepsaná hladina osvětlení byla dodržena alespoň na minimální hodnotu, kterou určuje norma.

Osvětlenost E (lx)	Prostor, místo, druh činnosti
20-30-50	Základní jednoduchá zraková orientace v prostředí
50-75-100	Jednoduchá orientace, kratší doba, jednoduché činnosti
100-150-200	Prostory, které nejsou dlouhodobě užívány pro pracovní účely, prostory obytné a společenské
200-300-500	Zraková místa pro jednodušší, běžné pracovní úkoly (kanceláře, školy)
500-750-1000	Zraková místa pro vizuálně náročnější déle trvající pracovní úkony
1000-1500-2000	Zvláště náročné zrakové úkoly
Více než 2000	Velmi náročné zrakové úkoly

*Tabulka 2 Doporučené rozsahy osvětlenosti podle CIE [2]*

Údržba a provoz daného objektu musí být vyřešen už při projektování v návaznosti s plánem údržby osvětlovací soustavy. S tímto plánem údržby musí být také dodány veškeré potřebné předpoklady, včetně obslužného zařízení a pomůcek. Je také velmi důležité mít na paměti, že při návrhu osvětlovací soustavy musíme uvažovat jaký budeme volit materiál daného svítidla. Např. v prašných prostředí je třeba dát přednost svítidlům, které mají hladký povrch a tím zamezují usedání prachu a jsou konstruována tak, aby se prach nedostal dovnitř svítidla. Je také naprosto zbytečné a finančně náročné dávat nedůvodně vysoký stupeň krytí svítidel. Tato svítidla bývají obvykle časově náročnější a komplikovanější na demontáž.

V následující tabulce jsou uvedeny různé typy svítidel vnitřních prostorů a jejich doporučené intervaly čištění v závislosti na kategorii prostředí. Údaje k daným svítidlům platí při libovolném osazování světelnými zdroji. Výjimku tvoří reflektorové vysokotlaké výbojky, které patří svítidlům typu B.

Ozn.	Typ	Popis	Interval čištění t (rok)		
			VČ,Č	N	Š
A	Necloněné svítidlo	Svítidlo s necloněným světelným zdrojem	3	2	1
B	Otevřené svítidlo bez horního krytu (přirozené provětrávání)	Primo-nepřímé svítidlo bez krytu; Primo-nepřímé svítidlo s nepřímým reflektorem a s uzavřenou optickou soustavou; Bokozářič (s vertikálním výstupním otvorem); Nástěnné svítidlo nahoře dole otevřené; Stropní směrové svítidlo nahoře otevřené	3	2	1
C	Svítidlo s horním krytem (nevětrané)	Podhledové svítidlo (například mřížkové); Stropní směrové svítidlo, světlomet	3/2	1	X
D	Uzavřené svítidlo IP2X	Svítidlo pro všeobecné osvětlování s krytem a optickou soustavou	3/2	1	x
E	Svítidlo s ochranou proti prachu IP5X	Svítidlo chráněné proti prachu IP5X (svítidla pro čisté místnosti)	3	3	2
F	Nepřímé svítidlo (Hornozářič)	Stojanové, závěsné nebo nástěnné svítidlo dole uzavřené; Římsa pro nepřímé osvětlení	2/1	1	X
G	Provětrávané svítidlo	Svítidlo s optickou soustavou kombinované se soustavou vzduchotechniky	3	3	2

*Tabulka 3 Doporučené intervaly čištění svítidel jednotlivých typů pro různé kategorie prostředí [1]*

Při plánování a rozmisťování osvětlovací soustavy musíme také přihlížet, aby porucha jednotlivých zdrojů nevyvolala velkou nerovnoměrnost osvětlení. Tím dosáhneme toho, že osvětlovací soustava nebude vyžadovat nutnou individuální výměnu daného světelného zdroje. V průmyslových provozech je vhodnější připojovat svítidla individuálně, nebo přes zásuvku z důvodu potřebného provozu například při individuální údržbě.

Pokles světelného toku u světelných zdrojů je uváděn v hodinách, zatímco míra znečištění svítidel a kategorie prostředí jsou v rocích. Jelikož chceme optimalizovat danou osvětlovací soustavu musíme převést všechno na stejné časové jednotky. U světelných zdrojů bereme v potaz charakteristiku provozu a také přírůstek hladiny denního světla. Udržovací činitel v tomto případě je větší než při plánování metodou konstantních intervalů a je proto výhodnější tam, kde jsou vysoké náklady na elektrickou energii a počáteční náklady na osvětlovací soustavu, ale nízké náklady na údržbu.[1][2][4]

Aplikační oblast	Charakteristika provozu	Počet provozních hodin t (h/rok)	
		Bez řízení podle denního světla	S řízením podle denního světla
Průmysl	Nepřetržitý provoz	8760	7300
	Dvě směny, 6 dnů / týden	4960	3720
	Jedna směna, 6 dnů / týden	3100	1760
	Jedna směna 5 dnů / týden	2580	1550
Obchody	6 dnů / týden	3100	X
Kanceláře	5 dnů / týden	2580	1550
Školy	5 dnů / týden	1900	1140
Nemocnice	7 dnů / týden	5840	3504

*Tabulka 4 Počty provozních hodin umělého osvětlení pro typické aplikační oblasti [1]*

## 2.2 Nevratné ztráty (NRF - Non Recoverable Factors )

Nevratné ztráty vznikají vlastnostmi materiálů nebo provozními stavy. Může se jednat například o tmavnutí materiálů, snížení činitele odraznosti, snížení prostupu, vypařování wolframového vlákna, provozní teplotou nebo napětím. Tyto ztráty jsou většinou tak malé, že jsou téměř zanedbatelné, neboť podíl těchto ztrát tvoří většinou méně než 3 %, ale je velmi důležité s nimi počítat ve fázi návrhu údržby a zvolit správné zařízení pro dané prostředí (můžeme přesvědčit na obrázku 1). Příkladem může být použití zářivky v chladírnách nebo mrazírnách. Zářivka jakožto teplotně závislý světelný zdroj vyzařuje v chladných prostorech mnohem menší světelný tok.

V některých provozech se mohou objevit nevratné ztráty, způsobené například znečištěním nebo stárnutím, které mohou být tak významné, že je ekonomicky nevýhodné je čistit a je nezbytné vyměnit celé svítidlo nebo alespoň jeho část. Mnohdy se nejedná pouze o ekonomickou stránku, ale o fakt, že dané svítidlo nejsme schopni vyčistit do jeho původního stavu. Jako příklad si můžeme uvést svítidlo, které se nachází v prašném a špinavém prostředí (částice prachu, oleje či výparů z chemikálií se vlivem teploty zapékají do reflektoru, nebo krytu svítidla). [1][4]

## 2.3 Vratné ztráty

Vratné ztráty, na rozdíl od nevratných, můžeme rozdělit do čtyř různých kategorií.

Jsou to :

- Činitel stárnutí světelného zdroje - LLMF - *lumen lamp maintenance factor*
- Činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje - LSF – *lamp survival factor*
- Udržovací činitel svítidla - LMF – *luminare maintenance factor*
- Udržovací činitel povrchů - RSMF – *room surface Maintenance factor*

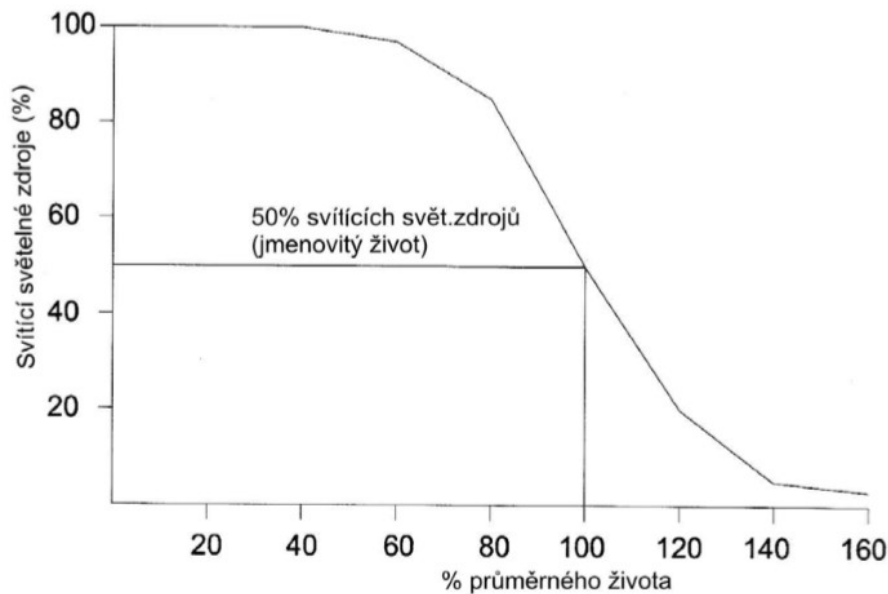
Vliv těchto daných ztrát můžeme ovlivnit pravidelnou a předem naplánovanou údržbou.

### 2.3.1 Činitel stárnutí světelného zdroje LLMF

U každého světelného zdroje musíme vzít v úvahu rozdíl mezi vyzařováním světelného toku na začátku a konci jeho provozu. Světelný tok na začátku provozu bude podstatně větší než světelný tok u zdroje po určité době jejího používání. Podílem těchto dvou světelných toků určíme činitel stárnutí světelného zdroje. Je jasné že světelný tok bude záviset na typu svítidla např. provozní teplota (chlazení LED diod značně ovlivňuje její životnost), ale také na způsobu a technologii výroby (určuje výrobce), době provozních hodin (závisí na provozu), použití a volbě předřadníku (elektromagnetický, elektronický).

### 2.3.2 Činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje LSF

Činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje nám oznamuje, kolik typů daného svítidla bude po určité době ještě stále v provozu. Doba života světelných zdrojů se uvádí v hodinách, kdy ještě 50 % zdrojů je stále funkčních a je definována náhlou poruchou, po které světelný zdroj přestane fungovat. Ovšem i tady platí, že počet zdrojů, které stále svítí záleží na typu zdroje. U zdrojů s výbojem záleží na počtu zapínání a na předřadníku, proto je nutné uvažovat o umístění daného zdroje. Není ekvivalentní používat výbojové zdroje například na schodišti, kde výrazně vzroste počet zapínání a tím se danému zdroji životnost výrazně krátí. Při výpadku některého z daných světelných zdrojů vyústí ke snížení osvětlenosti v dané místnosti, ale také nerovnoměrnost osvětlení, které se dá vyřešit okamžitou individuální výměnou světelného zdroje. S činitelem funkční spolehlivosti světelného zdroje počítáme pouze v případě skupinové výměny světelných zdrojů, u individuální výměně se rovná tento činitel jedné. Hodnoty činitele stárnutí světelného zdroje a činitele funkční spolehlivosti světelného zdroje, by se měly používat k určení ekonomického života světelných zdrojů v ohledu na světelný tok. Je důležité tyto parametry získat od výrobce. [1] [4]



Obrázek 2 Typická křivka vyhoření světelných zdrojů [2]

(statistický soubor lineárních zářivek v režimu 8 zapnutí za 24 hodin)

Elektrický zdroj světla			0,1	0,5	1,0	2	4	6	8	10	12	15	20	30	40	50	60	100
Žárovky obyčejné	LLMF	1,00	0,97	0,93														
	LSF	1,00	0,98	0,50														
Žárovky halogenové	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,95													
	LSF	1,00	1,00	0,78	0,50													
Zářivky s halofosfátovými luminofoxy T8	LLMF	1,00	0,98	0,96	0,95	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75							
	LSF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50							
Zářivky s třípásmovými luminofoxy T8	LLMF	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90							
	LSF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50							
Zářivky s třípásmovými luminofoxy T5	LLMF	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90						
	LSF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,94	0,50						
Kompaktní zářivky	LLMF	1,00	0,98	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85									
	LSF	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	0,86	0,50									
Vysokotlaké rtuťové výbojky	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,93	0,85	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76						
	LSF	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,90	0,86	0,79	0,69	0,50						
Vysokotlaké sodíkové výbojky	LLMF	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,94	0,90					
	LSF	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,95	0,92	0,50					
Halogenidové výbojky	LLMF	1,00	0,98	0,95	0,90	0,87	0,83	0,79	0,65	0,63	0,58	0,50						
	LSF	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,92	0,86	0,80	0,73	0,66	0,50						
Halogenidové výbojky s keramickým hořákem - I	LLMF	1,00	0,95	0,87	0,75	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56								
	LSF	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,95	0,80	0,50								
Halogenidové výbojky s keramickým hořákem - II	LLMF	1,00												0,80				
	LSF	1,00												0,50				
Halogenidové výbojky s UNI-FORM hořákem - I	LLMF	1,00													0,80			
	LSF	1,00													0,50			
Halogenidové výbojky s UNI-FORM hořákem - II	LLMF	1,00															0,80	
	LSF	1,00															0,50	

Obrázek 3 Typické příklady činitele stárnutí světelného zdroje (LLMF) a činitele funkční spolehlivosti světelného zdroje (LSF)  
(Doba svícení je v tisících hodinách)

### 2.3.3 Udržovací činitel svítidla LMF

Udržovací činitel svítidla značí snížení světelného toku a účinnosti svítidla. Toto snížení je dáno usazováním nečistot uvnitř světelných zdrojů nebo na jejich optických částech svítidla. Velikost ztrát závisí na konstrukci svítidla, povrchové úpravě, velikosti stupně krytí, na prostředí, na světelných zdrojích a na jejich umístění, jestli v dané místnosti proudí vzduch (zamezení usedání prachu) a povrchové teplotě svítidla. Některá větraná svítidla mají proudění vzduchu takové, že se na nich nezachytává téměř žádný prach. O takových svítidlech můžeme říci, že jsou téměř samočisticí. Ve vlhkých a velmi špinavých místnostech se doporučuje velikost krytí alespoň IP 54. Ve velmi špinavých prostorech můžou nastat ztráty o velikosti až 50 %, což je velký pokles osvětlenosti a projeví se to i v ekonomické stránce.

Důležitým faktorem je i povrchová úprava svítidla a jeho materiál. Například pokud budeme porovnávat eloxovaný hliník s bílým smaltem, zjistíme, že hliník má lepší odolnost proti usazování prachu, zatím co smalt se lépe čistí. Usazování prachu může pozměnit odraznost reflektoru a rozložení svítivosti. [1][4]

Velikost krytí	Kategorie znečištění	Doba (roky)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP2X	Vysoká	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Střední	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Nízká	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	Vysoká	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Střední	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Nízká	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	Vysoká	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Střední	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Nízká	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Tabulka 5 Typické příklady udržovacího činitele svítidla LMF (tato tabulka je převážně pro svítidla venkovního osvětlení) [7]

Druhy materiálů pro svítidla:

#### Sklo

Sklo se velmi jednoduše čistí a obnovuje původní vzhled. Čištění po velmi dlouhé době může vést k tomu, že povrch bude mnohem obtížnější na obnovu hlavně u hranolových tvarů. Nedostatečné čištění vede ke snížení světelného toku a změně rozložení svítivosti, což má za následek snížení hladiny osvětlení.

#### Plast

Degradace plastu je způsobena vzdušnými nečistotami a stárnutím materiálu. Nevhodné použití plastů nebo vystavení kontaktu s rozpouštědly může zničení plastů mnohem zrychlit. Údržba je přitom velmi jednoduchá, stáčí pouze jemný (šetrný) čistící prostředek nebo voda. Při velkém poškození, například poškrábáním se povrch poškodí a stává se z něj částečně difuzor.

#### Akrylát

Akrylát se může použít tam kde je UV záření. Po několika letech (řádově 10 let +) se začne zhoršovat prostupnost a také pevnost materiálu. Jedna z hlavních nevýhod akrylátu je malá odolnost proti nárazu.

#### Polykarbonát

Hlavní výhodou oproti akrylátu je, že polykarbonát má daleko vyšší pevnost a odolnost proti nárazu. Tento materiál však neodolává UV záření (denní světlo a UV lampy). Jeho degradace v závislosti na UV záření se zrychluje, pokud se jeho provozní teplota pohybuje kolem 90°C – 100°C. Proto je důležité tuto teplotu snížit například omezením výkonu světelného zdroje. Zničení má za následek křehnutí (ztráta pevnosti), odolnost proti nárazu a žloutnutí materiálu, což má za následek snížení přenosu světla. Kryt by měl být vyměnitelnou součástí. Čištění je stejné jako u akrylátu ale s rozdílem že polykarbonát je měkčí a má nižší odolnost proti otěru.[7]

Druh materiálu	Činitel prostupu světla
Čiré tabulové sklo 3 mm až 4 mm	0,92
Surové sklo (nevzorované)	0,88
Vzorované sklo	0,85 až 0,9
Drátované sklo 6 mm až 7 mm	0,6 až 0,86
Mdlené sklo	0,75 až 0,8
Laminát se skleným vláknem	0,36 až 0,85
Akrylát čirý	0,85 až 0,92
Akrylát rozptylný	0,6 až 0,8
Determinální skla	0,35 až 0,7
Reflexní skla	0,55 až 0,65
Skleněné tvárnice jednovrstvé	0,85 až 0,95
Skleněné tvárnice dvouvrstvé	0,55 až 0,62
Záclony	0,5 až 0,75

*Tabulka 6 Směrné hodnoty činitele prostupu světla [10]*

## Reflektory

### Hliník

Pokud hliník není povrchově ochráněn, začne díky oxidům degradovat a ztrácí odraznost. Ochrana hliníku se provádí pomocí eloxování a může se aplikovat ihned po výrobě hliníku nebo dodatečně v průběhu života. Na hliník se nanáší vrstva filmu, která může být od 1 μm do 25 μm a platí, že pokud je film silnější, tím daný hliník (reflektor) chrání více. Vniknutí nečistot (voda, prach) vede ke značné ztrátě odrazivosti, a tím i následnou ztrátou světelného výkonu a degradace tvaru rozložení světelného toku. Pokud máme ochranu pomocí uzavření krytu čištění je poté téměř zbytečné.

### Plast s pokoveným povrchem

Ochrana se obvykle provádí nanesením vrstvou hliníku, nanesením laku a poté zahřátím vysokou teplotou. Pokud začne lak degradovat může začít žloutnout. Velmi vysoká teplota může tento proces zrychlit, ale také může poškodit vazbu a pokovený povrch může začít praskat. Čištění tohoto povrchu by mělo probíhat jenom pokud je to nutné, a to bez rozpouštědel, které můžou porušit lak. V uzavřeném svítidle je čištění téměř zbytečné.

### Sklo

Dříve se v hojném počtu používaly reflektory ze skla, ale v dnešní době se používají ojediněle. Jejich povrch se pokovil hliníkem nebo stříbrem ale jejich nevýhodou byla velká hmotnost a křehkost na rozdíl od dnešních hliníkových reflektorů. Tento druh reflektoru bude mít stále vlastnosti, pokud nedojde k poškození dané vrstvy.[7]



Materiál	Povrchová úprava	Činitel odrazu
Hliník – standartní jakost	eloxování	0,70 až 0,87
Hliník pokovený vysoce čistým hliníkem	Eloxování a napaření	0,80 až 0,95
Hliník pokovený stříbrem	Eloxování a napaření	0,90 až 0,98
Sklo nebo plast	Pokovení hliníkem	0,85 až 0,88

Tabulka 7 Příklady činitelů odrazu materiálů používaných na výrobu zrcadlových reflektorů [1]

### 2.3.4 Udržovací činitel povrchů RSMF

Udržovací činitel povrchů je poměr činitelů využití prostoru osvětlovací soustavy po nějaké době provozu a pro novou osvětlovací soustavu. Velikost odraznosti dané místnosti závisí na množství prachu usazujícího se na stropě, stěnách (i v tomto případě bude záležet na druhu prachu jedná-li se o bílý nebo prach průmyslový – černý). Dále bude záviset na velikosti místnosti, na činitelích odrazů všech povrchů a na rozložení světelného toku svítidel. Čisté povrchy místnosti jsou důležité pro jasovou rovnováhu daného prostředí, a proto je v některých zemích obnova a údržba nátěrů součástí hygienických předpisů. Udržovací činitel bude intenzivnější v menších místnostech. V místnostech, kde odražená složka tvoří významnou roli je důležité, aby doba čištění povrchů byla kratší, než je povoleno. [1][4]

Prostředí	Strop $C_c$	Stěny $C_w$	Podlaha $C_f$	$\tau$ (vztaženo na dobu v letech)
Velmi čisté	0,96	0,85	0,85	6/12
Čisté	0,92	0,84	0,70	5/12
Normální	0,83	0,70	0,50	4/12
Špinavé	0,70	0,45	0,30	3/12

Tabulka 8 Tabulka hodnot konstant  $C$  a  $\tau$  [4]

Malba, nátěry		
bílá	75	85
šedá světlá	40	60
šedá tmavá	15	25
žlutá světlá	60	75
žlutá tmavá	45	60
běžová	25	65
krémová	65	70
zelená světlá	45	65
zelená tmavá	10	30
růžová	35	65
Omítka		
bílá, čistá, nová	80	
bílá, špinavá, stará	30	
světlá, čistá, nová	60	
světlá, špinavá, stará	20	
tmavá, nová	25	
tmavá, stará	10	

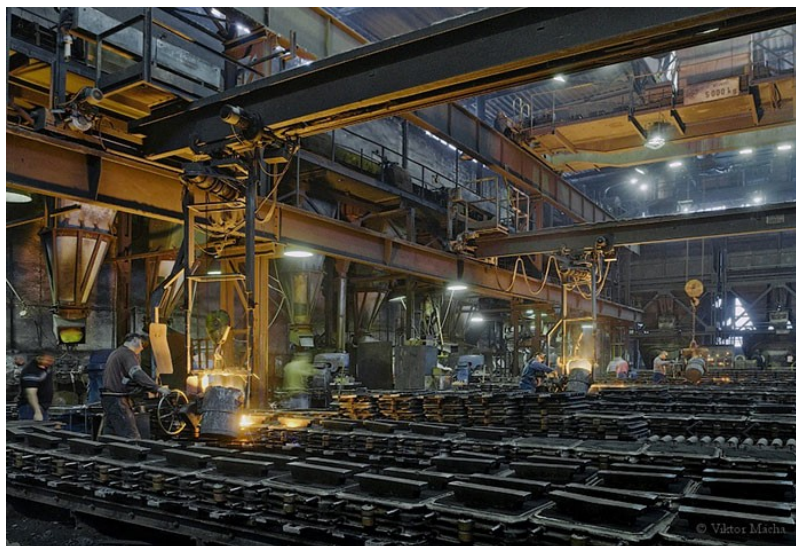
Dřevo		
dub přírodní	30	40
dub tmavý mořený	10	30
javor přírodní	40	50
bříza přírodní	60	70
mahagon	15	20
překližka	40	45
sosnové prkno	50	55
Stavební hmoty		
pískovec světlý	30	35
pískovec tmavý	10	20
žula světlá	15	25
žula tmavá	10	15
vápenec světlý	40	45
kámen světlý, nový	40	45
kámen tmavý, starý	5	10
obkládačky bílé	60	75
sádra bílá	65	85

Papír, tapety, tkaniny		
bílý	80	85
světle žlutý	60	70
světle zelený	60	70
světle modrý	35	45
šedý	4	6
záclona bílá, světlá	25	65
plátno černé	2	8
samet tmavý	1	4
Sklo		
zrcadlo	70	90
průhledné, bezbarvé	6	8
vzorované	7	20
matové	6	15
mléčné	20	35

Obrázek 4 Příklady odrazností vybraných povrchů v procentech (%) [12]



Obrázek 5 Čistá hala s vysokou odrazností ploch [8]



*Obrázek 6 Temná hala s minimální odrazností [8]*

Na obrázku 5 a 6 jsou znázorněné příklady dvou různých odrazností ploch. V čisté hale jsou odraznosti mnohem větší, než je tomu v temné hale. Pokud chceme v obou halách dosáhnout stejnou hladinu osvětlenosti, museli bychom v temné hale osvětlenost mnohem více předimenzovat.

## 2.4. Předřadník

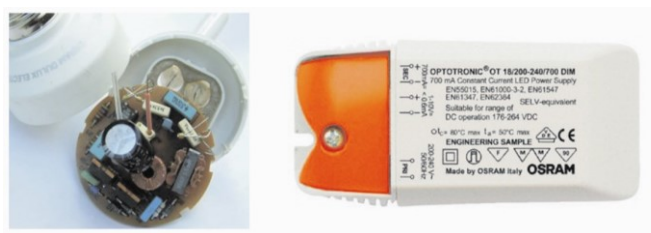
Všechny světelné zdroje s výjimkou žárovek potřebují ke svému fungování nebo startu omezit proud nebo napětí, eliminovat stroboskopický jev, upravit účinník atd. K tomu se využívá například předřadník nebo transformátor. Předřadníků máme několik typů například elektronické, magnetické, stabilní proměnné (stmívání) nebo mohou být kombinovány s řídicím systémem dané osvětlovací soustavy.

Rozlišujeme následující typy předřadníků:

Samostatný předřadník – tento druh předřadníku může být odděleně od svítidla bez přídavného krytu.

Vestavěný předřadník – je určený k zabudování přímo do svítidla nebo jeho krytu.

Integrovaný předřadník – je nevyměnitelnou součástí světelného zdroje.



Obrázek 7 Integrovaný předřadník kompaktní zářivky a samostatný předřadník pro napájení světelných diod (LED driver) [5]

#### 2.4.1 Induktivní předřadníky pro zářivky a výbojky

Tyto předřadníky se používají dnes už pouze ojediněle popřípadě ve starších svítidel nebo u výbojek vyšších výkonů. Jejich omezení na trhu je z důvodu vysoké výrobní ceny, materiálovou náročností a nevhodným provozem.



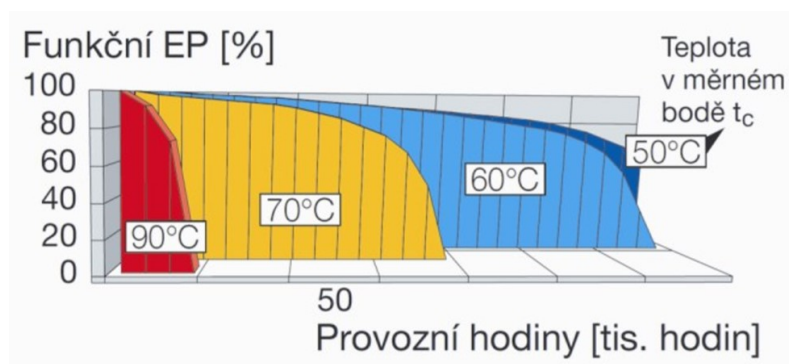
Obrázek 8 Tlumivka, zapalovač, startér [5]

#### 2.4.2 Elektronické předřadníky pro zářivky a výbojky

Okamžitý start, stabilní výboj, potlačení světelného toku, zvýšení měrného výkonu, malé rozměry nízká hmotnost a prodloužení životnosti patří mezi přednosti elektronického předřadníku. U těchto předřadníků je také možnost stmívání. Elektronické předřadníky umějí přehřívát vlákna elektrod, což má za následek jednodušší emisi nosičů náboje, a to vede k prodloužení životnosti dané zářivky.



Obrázek 9 Elektronický předřadník [5]



Obrázek 10 Vliv teploty na poruchovost elektronických předřadníků [5]

### 2.4.3 Transformátory pro napájení halogenových žárovek

Magnetické transformátory pro halogenové žárovky používají napětí 12 V a musí mít na sekundární straně bezpečné malé elektrické napětí. V dnešní době se tyto transformátory nahrazují polovodičovými zdroji.



Obrázek 11 Toroidní transformátor k napájení 12 V halogenových žárovek

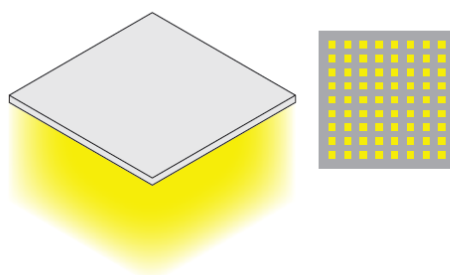
Samostatný předřadník, který ve většině případů vydrží déle než daný světelný zdroj, nemusíme měnit. Proto při výměně daného světelného zdroje je nutné se ujistit, zdali je předřadník kompatibilní s novým světelným zdrojem. Výběr správného určení předřadníku by měl být na straně výrobce. Časté zapínání světelného zdroje zkracuje jeho životnost což si ukážeme v následující tabulce. [1] [4] [5]

Cyklus zapínání	Vysokofrekvenční elektronický předřadník		Běžný (magnetický) předřadník	
	Start s předžhavením	Okamžitý start (bez předžhavení)	Indukční obvod	Duo zapojení (50 % kapacitní, 50 % indukční)
12 h	23 000	19 000	18 000	15 000
8 h	22 000	17 000	16 000	14 000
3 h	20 000	Není k dispozici	15 000	12 000
1 h	16 000	Není k dispozici	12 000	9 000

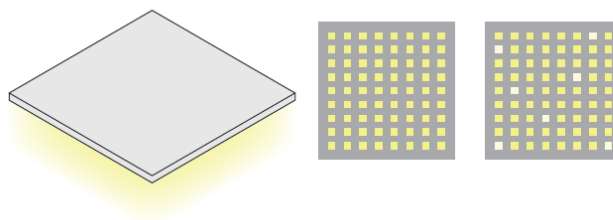
*Tabulka 9 Příklady vlivu četnosti zapínání a typu předřadníku na průměrný život lineárních zářivek TLD (T8) a T5.  
(Poznámka: zářivky T5 používají pouze elektronický předřadník) [5]*

### 3. Změny v pohledu na udržovací činitel ve smyslu CIE

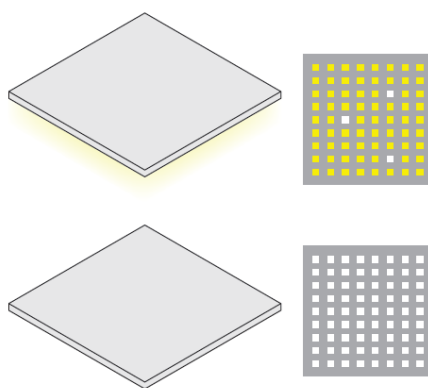
Metodika pro určování udržovacího činitele, která je vypracovaná ve směrnici CIE 097:2005 pro vnitřní osvětlovací soustavy a CIE154:2003 pro venkovní osvětlovací soustavy jsou zastaralé a nedostatečné. Jeden z hlavních důvodů je, že tyto směrnice byly vypracované pro zdroje, které se dnes už nepoužívají např. žárovky nebo pro zdroje jako jsou zářivky výbojky, a právě tyto normy se nehodí pro nové technologie jako jsou světelné LED diody, u nichž jde pokrok velmi rychle dopředu. Technologie LED diod se liší od jiných typů světelných zdrojů především výkonem, delší životností, nízkou mírou předčasného úmrtí nebo také konstrukcí. [3]



Obrázek 12 Plně funkční LED svítidlo [13]



Obrázek 13 Snížení osvětlenosti LED svítidla ( $L_x, B_y$ ) [13]



Obrázek 14 Náhlé selhání individuálních čipů a náhlá smrt LED svítidla ( $L_0, C_x$ ) [13]

Na obrázku 12 můžeme vidět neporušené a plně funkční LED světlo. Na obrázku 13 a 14 můžeme vidět problémy které mohou u LED svítidel nastat. Na obrázku 13 se jedná o postupné snížení hladiny osvětlení jednotlivých čipů kdežto na obrázku 14 se jedná o úplné selhání jednotlivých čipů či celého svítidla.

Parametry pro LED zdroje jsou definované následujícími normami a metodikami:

IEC 62717

IEC 62722-2-1

LM80-08

TM21

[13]

### 3.1 Normalizace udržovacího činitele

Navzdory důležitosti udržovacího činitele nebyla doposud vypracována žádná mezinárodní nebo evropská norma, která by řešila tento problém, ale neustále se vychází z normy CIE 97 a CIE 154, které jsou zastaralé. Tohoto problému se ujala Mezinárodní organizace pro normalizaci ISO a skupina JWG3 v ISO/TC274, kde vypracovali protokol ISO/CIE TS 22012:2019 Light and lighting Maintenance factor determination - Way of working (Světlo a osvětlení - Určení udržovacího činitele – Způsob použití). Vydání této technické zprávy bylo v únoru roku 2019. Tento technický spis na rozdíl od technické normy má výhodu že jeho uvedení a zavedení do praxe je výrazně rychlejší. [3]

### 3.2 Změny v ISO/CIE TS 22012:2019

Tato technická zpráva přináší mnoho malých změn, nejvíce mezi vnitřními a venkovními osvětlovacími soustavami, avšak nepřináší novou metodu pro určování udržovacího činitele. Zpráva se plně opírá a vychází z norem CIE 97 a CIE 154, ale nejdůležitějším posláním této zprávy je aktualizovat principy pro osvětlovací soustavy používající technologii LED. Dále se v technické zprávě uvádí rozdíly mezi vratnými a nevratnými ztrátami. V nové specifikaci se nevratné ztráty nově nezapočítávají k udržovacímu činiteli jako tomu bylo u normy CIE 97. Charakteristiky světelných zdrojů a svítidel jsou vyjádřené pomocí snížení světelného toku a úplného úmrtí svítidla – technická zpráva v tomto případě naprosto zrovnoprávňuje světelné zdroje, svítidla a záleží na konstrukčním uspořádání. [3]



Udržovací činitel (MF) podle CIE 97

- má značení

$f_{LLM}$  Činitel stárnutí světelného zdroje (LLMF - *lumen lamp maintenance factor*)

$f_{LS}$  Činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje (LSF – *lamp survival factor*)

$f_{LM}$  Udržovací činitel svítidla (LMF – *luminaire maintenance factor*)

$f_{RSM}$  Udržovací činitel povrchů (RSMF – *room surface maintenance factor*)

- se počítá

$$f_m = f_{LLM} \cdot f_{LS} \cdot f_{LM} \cdot f_{RSM} \quad (3.1)$$

Udržovací činitel podle ISO/CIE TS 22012

- má značení

$f_{LF}$  činitel snížení světelného toku (Luminous Flux Factor)

$f_S$  činitel funkční spolehlivosti (Survival Factor)

$f_{LM}$  činitel znečištění svítidla (Luminaire Maintenance Factor)

$f_{SM}$  činitel znečištění povrchů (Surface Maintenance Factor)

- se počítá

$$f_m = f_{LF} \cdot f_S \cdot f_{LM} \cdot f_{SM} \quad (3.2)$$

### 3.3 Určování udržovacího činitele podle nové směrnice ISO/CIE TS 22012

#### 3.2.1 Činitel snížení světelného toku

Tento činitel je podobný činiteli stárnutí světelného zdroje LLMF a uplatňuje se na světelné zdroje či svítidla. Pro LED svítidla by se měl získat od dodavatele svítidla v souladu s normou IEC 62722 – 2 – 1 nebo se stanoví v závislosti na intervalu výměny světelného zdroje nebo svítidla. Interval výměny může být střední doba života  $L_x$  a z toho se  $f_{LF}$  určuje například pro L80 jako  $\frac{x}{100}$  a poté platí  $f_{LF} = 0,80$ . V tomto případě údaje  $B_y$  a  $F_y$  se neberou v potaz. Pokud se používá jiná doba středního života musí být poskytnuta výrobcem či dodavatelem.

Pro LED zdroje se dále uvádí uzlová hodnota  $L_x$ , která obsahuje hodnoty v rozsahu od 0 h do jmenovité životnosti, přičemž nejvíce je 100 000 h. Tyto hodnoty jsou s krokem 5 000 h pro hodnoty L70, L75, L80, L85, L90. [3]

#### 3.2.2 Činitel funkční spolehlivosti

Tento činitel je podobný činiteli funkční spolehlivosti světelného zdroje LSF a uplatňuje se na světelné zdroje nebo svítidla. Při určování činitele spolehlivosti se musí použít stejná hodnota životnosti jako při stanovení činitele znečištění světelného toku. Činitel funkční spolehlivosti, stejně jako činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje řeší naprosto stejně individuální výměnu, která je rovna  $f_S = 1$  a skupinovou výměnu, která stanovuje výměnu s nejkratším intervalem výměny. Pokud má více komponentů stejný interval výměny, tento činitel se určuje pro součást s nejnižší pravděpodobností přežití. Ani v tomto případě se technická specifikace nezabírá údaji  $B_y$  a  $F_y$  u LED technologie.[3]

#### 3.2.3 Činitel znečištění svítidla

Činitel znečištění svítidla se řeší naprosto stejně v souladu s normou CIE 97.


#### 3.2.4 Činitel znečištění povrchů

Činitel znečištění povrchů se také řeší naprosto stejně v souladu s normou CIE 97. Změnou v tomto případě je název a další změny se vztahují na soustavy vnitřních osvětlovacích soustav, a to konkrétně na tunely a podchody, kde se odkazuje na normu CIE 088:2004.[3]

## 4. Výpočet udržovacího činitele u vybraných osvětlovacích soustav

Pro výpočet udržovacího činitele jsem použil volně dostupný program. Tento program je na online stránce, která je uvedena v citacích [11]. Na následujících obrázcích si ukážeme pár rozdílů mezi osvětlovacími soustavami a porovnáme si jejich parametry. V nastavení programu si můžeme vybrat hodnoty, které jsou předem definované nebo si můžeme zvolit hodnoty individuální, které většinou získáme od výrobce (Obrázek 12). Tyto individuální hodnoty jsou ve výpočtu brány přednostně. [5]

*Volitelné – po zadání bude přednostním parametrem při výpočtu:*





<b>Počet provozních hodin:</b>	<input type="text"/>	h/rok
<b>Doba života světelného zdroje:</b>	<input type="text"/>	h 
<b>Činitel stárnutí světelného zdroje (LLMF):</b>	<input type="text"/>	
<b>Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů (LSF):</b>	<input type="text"/>	
<b>Udržovací činitel svítidla (LMF):</b>	<input type="text"/>	
<b>Udržovací činitel povrchů (RSMF):</b>	<input type="text"/>	

*Obrázek 15 Volitelné hodnoty ve výpočtovém programu*

### 4.2 Příklad výpočtů

Jako první výpočet jsme použili svítidlo - kompaktní zářivku v čistém prostředí. První a druhý příklad je totožný s jediným rozdílem, který se mezi nimi nachází. U příkladu a) je individuální výměna světelného zdroje zakázaná, kdežto u příkladu b) je povolena.

#### 4.2.1 Soustava a)

<b>Typ svítidla:</b>	Svítidlo necloněné, typicky DFF = 0,5	-	
<b>Typ vyzařování:</b>	přímo-nepřímé (DFF = 0,5)	▼	
<b>Typ světelného zdroje:</b>	Kompaktní zářivky (L = 10 000 h)	▼	
<b>Počet provozních hodin:</b>	2580 h/rok (úřad, 5 dnů týdně/258/10/ne)	▼	
<b>Kategorie znečištění:</b>	Čisté	▼	
<b>Činitele odrazu (strop/stěny/podlaha):</b>	0,70 / 0,50 / 0,20	▼	
<b>Interval skupinové výměny světelných zdrojů:</b>	2,0	-	roky
<b>Individuální výměna vyhořelých zdrojů:</b>	<input type="radio"/> ano <input checked="" type="radio"/> ne		
<b>Interval čištění svítidel a povrchů místnosti:</b>	3,0	▼	roky

Obrázek 16 Zadané hodnoty pro soustavu.a)

Zadané parametry:

- typ svítidla: *svítidlo necloněné*
- vyzařování: *přímo-nepřímé*
- typ světelného zdroje: *kompaktní zářivky* ( $L = 10\,000\text{ h}$ )
- počet provozních hodin: *2 580 h/rok*
- kategorie znečištění: *čisté*
- činitele odrazu: *0,70 / 0,50 / 0,20*
- interval skupinové výměny světelných zdrojů: *2,0 roky*
- individuální výměna vyhořelých zdrojů: *ne*
- interval čištění svítidel a povrchů místnosti: *3,0 roky*

Vypočtené parametry:

- doba svícení do skupinové výměny: *5 160 hodin*
- průměrná doba do výměny světelných zdrojů (svítidel): *2,0 roky*
- činitel stárnutí světelného zdroje (LLMF): *0,90*
- činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů (LSF): *0,95*
- udržovací činitel svítidla (LMF): *0,85*
- udržovací činitel povrchů (RSMF): *0,91*
- **udržovací činitel (MF): 0,66**

*Poznámka: LLMF vypočteno lineární interpolací pro skupinovou výměnu po 5 160 hodinách svícení z tabulkových hodnot 0,91 (4 000 h) a 0,89 (6 000 h).*

*Poznámka: LSF vypočteno lineární interpolací pro skupinovou výměnu po 5 160 hodinách svícení z tabulkových hodnot 0,97 (4 000 h) a 0,94 (6 000 h).*

*Obrázek 17 Vypočtené hodnoty pro soustavu.a)*

Jelikož se jedná o úřad či kancelář volíme počet provozních hodin  $t = 2580\text{ h/rok}$  jako je uvedeno v Tabulce 4 – bez řízení podle denního světla. Skupinová výměna světelných zdrojů je rovna 2 letem a proto počítáme s hodnotou:

$$t = 2 \cdot 2580 = 5160\text{ h}$$

Z tabulkových hodnot víme, že činitel stárnutí světelného zdroje má hodnoty 0,91 pro 4000 h a 0,89 pro 6000 h a proto pro jeho výpočet musíme udělat průměr.

$$LLMF = \frac{0,91 + 0,89}{2} = 0,90$$

Obdobně jsme postupovali pro činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů, kdy hodnoty odpovídaly 0,97 pro 4000 h a 0,94 pro 6000 h.

$$LSF = \frac{0,97 + 0,94}{2} = 0,95$$





$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,90 \cdot 0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,91 = 0,66$$

$$MF_{Dimenzování} = \frac{1}{MF} = \frac{1}{0,66} = 1,515 = 1,52 \cdot 100 = 152 \%$$

Z výpočtu je patrné, že pokud máme soustavu s udržovacím činitelem 0,66 musíme ji předimenzovat o 52 %. Pokud budeme mít kancelář, která vyžaduje osvětlenost  $E = 500lx$  budeme ji muset naddimenzovat:

$$E_m = 500 \cdot 1,52 = 760 lx$$

#### 4.2.2 Soustava b)

<b>Typ svítidla:</b>	Svítidlo necloněné, typicky DFF = 0,5	- 
<b>Typ vyzařování:</b>	přímo-nepřímé (DFF = 0,5)	-
<b>Typ světelného zdroje:</b>	Kompaktní zářivky (L = 10 000 h)	- 
<b>Počet provozních hodin:</b>	2580 h/rok (úřad, 5 dnů týdně/258/10/ne)	- 
<b>Kategorie znečištění:</b>	Čisté	- 
<b>Činitele odrazu (strop/stěny/podlaha):</b>	0,70 / 0,50 / 0,20	-
<b>Interval skupinové výměny světelných zdrojů:</b>	2,0	- roky
<b>Individuální výměna vyhořelých zdrojů:</b>	<input checked="" type="radio"/> ano <input type="radio"/> ne	
<b>Interval čištění svítidel a povrchů místnosti:</b>	3,0	- roky

Obrázek 18 Zadané hodnoty pro soustavu b)

Zadané parametry:

- typ svítidla: *svítidlo necloněné*
- vyzařování: *přímo-nepřímé*
- typ světelného zdroje: *kompaktní zářivky* ( $L = 10\,000\text{ h}$ )
- počet provozních hodin: *2 580 h/rok*
- kategorie znečištění: *čistě*
- činitele odrazu: *0,70 / 0,50 / 0,20*
- interval skupinové výměny světelných zdrojů: *2,0 roky*
- individuální výměna vyhořelých zdrojů: *ano, LSF = 1*
- interval čištění svítidel a povrchů místnosti: *3,0 roky*

Vypočtené parametry:

- doba svícení do skupinové výměny: *5 160 hodin*
- průměrná doba do výměny světelných zdrojů (svítidel): *2,0 roky*
- činitel stárnutí světelného zdroje (LLMF): *0,90*
- činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů (LSF): *1,00*
- udržovací činitel svítidla (LMF): *0,85*
- udržovací činitel povrchů (RSMF): *0,91*
- **udržovací činitel (MF): 0,70**

*Poznámka: LLMF vypočteno lineární interpolací pro skupinovou výměnu po 5 160 hodinách svícení z tabulkových hodnot 0,91 (4 000 h) a 0,89 (6 000 h).*

*Poznámka: LSF vypočteno lineární interpolací pro skupinovou výměnu po 5 160 hodinách svícení z tabulkových hodnot 0,97 (4 000 h) a 0,94 (6 000 h).*

*Obrázek 19 Vypočtené hodnoty pro soustavu b)*

$$LLMF = \frac{0,91 + 0,89}{2} = 0,90$$

$$LSF = 1$$

V tomto případě jsme použili činitel funkční spolehlivosti světelného zdroje =1 neboť je dovolená individuální výměna světelných zdrojů

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,90 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,91 = 0,7$$

$$MF_{\text{Dimenzování}} = \frac{1}{MF} = \frac{1}{0,7} = 1,428 = 1,43 \cdot 100 = 143 \%$$

Z výpočtu je patrné, že pokud máme soustavu s udržovacím činitelem 0,7 musíme ji předdimenzovat o 43 %. Pokud budeme mít kancelář která vyžaduje osvětlenost  $E = 500\text{ lx}$  budeme ji muset naddimenzovat:

$$E_m = 500 \cdot 1,43 = 715\text{ lx}$$

Rozdíl v udržovacím činiteli mezi těmito soustavami je pouze 0,04, ale jak si můžeme všimnout v případě 1 je nutné naddimenzovat osvětlovací soustavu o  $E = 45\text{ lx}$  více.

## 5. Návrh osvětlovací soustavy

Pro návrh osvětlovací soustavy jsme použili program DIALux. Jako osvětlovací soustavu jsme zvolili místnost kuchyň s rozměry 4 x 3 m, která dle normy vyžaduje minimální osvětlenost  $E = 200lx$ . V příkladu Osvětlovací soustava 1 i Osvětlovací soustava 2 jsme použili stejný světelný zdroj firmy THORN.

Vestavné modulární svítidlo pro 3 světelné zdroje typu T16 x 14 W s předřadníkem typu elektronický. Těleso v provedení bílá. Barvená ocel se svařovanými rámečkovými rohy. Mřížka v provedení matně lesklý hliník s výplňovými panely v provedení mikro perforovaný. Vkládá se do stropních systémů s pohledovou mřížkou a lze jej nainstalovat do stropů se skrytými upevňovacími prvky pomocí miniaturních klínových závěsných konzol (součást dodávky). K elektrickému připojení slouží 4-pólový konektor GTS nainstalovaný během výroby. Světelné zdroje je třeba objednat zvlášť.

Rozměry: 597 x 597 x 59 mm

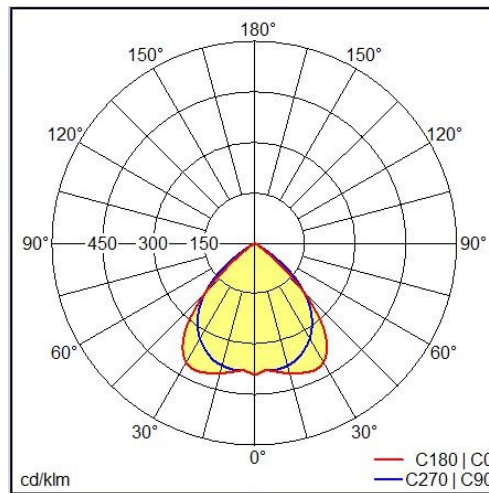
Celkový výkon: 47 W

Stupeň krytí IP20

Hmotnost: 3.8 kg



Obrázek 20 Svítidlo



Obrázek 21 Vyzařovací charakteristika



## 5.1 Osvětlovací soustava 1

Hrubý výpočet počítačem		
Cíl	200	lx
Aktuální	272	lx

Obrázek 22 Naddimenzování osvětlovací soustavy 1

Faktory údržby	
Výstup světla 1	
Místnost	
Činitel údržby místnosti	RMF 0.98
Okolní podmínka	Čistý
Interval čištění	1.0 Roky
Oblast	Místnost 1
Svítidlo	
Typ svítidla	Výrobce dodává soubory
Interval čištění	2.0 Roky
Činitel znečištění svítidel	LMF 0.80
Zdroje:	
Typ sv. zdroje	3-zónová zářivka s nízkoztrátovým předřadníkem
Roční provozní hodiny	3900
Interval výměny	1.0 Roky
Defektní žárovky	<input checked="" type="checkbox"/> Okamžitá výměna
Činitel stárnutí sv. zdrojů	LLMF 0.93
Činitel životnosti žárovky	LSF 1.00
Výsledek	
Činitel údržby	MF 0.73
Poznámka	

Obrázek 23 Faktory údržby osvětlovací soustavy 1

$$MF_{\text{Dimenzování}} = \frac{1}{MF} = \frac{1}{0,73} = 1,36 = 1,3 \cdot 100 = 136 \%$$

$$E_m = 200 \cdot 1,36 = 272 \text{ lx}$$

Jelikož nám vyšel udržovací činitel 0,73 je nutno nadimenzovat osvětlovací soustavu minimálně na hodnotu 272 lx, což jak můžeme vidět na obrázku (hrubý výpočet) vychází i ve výpočtovém programu.

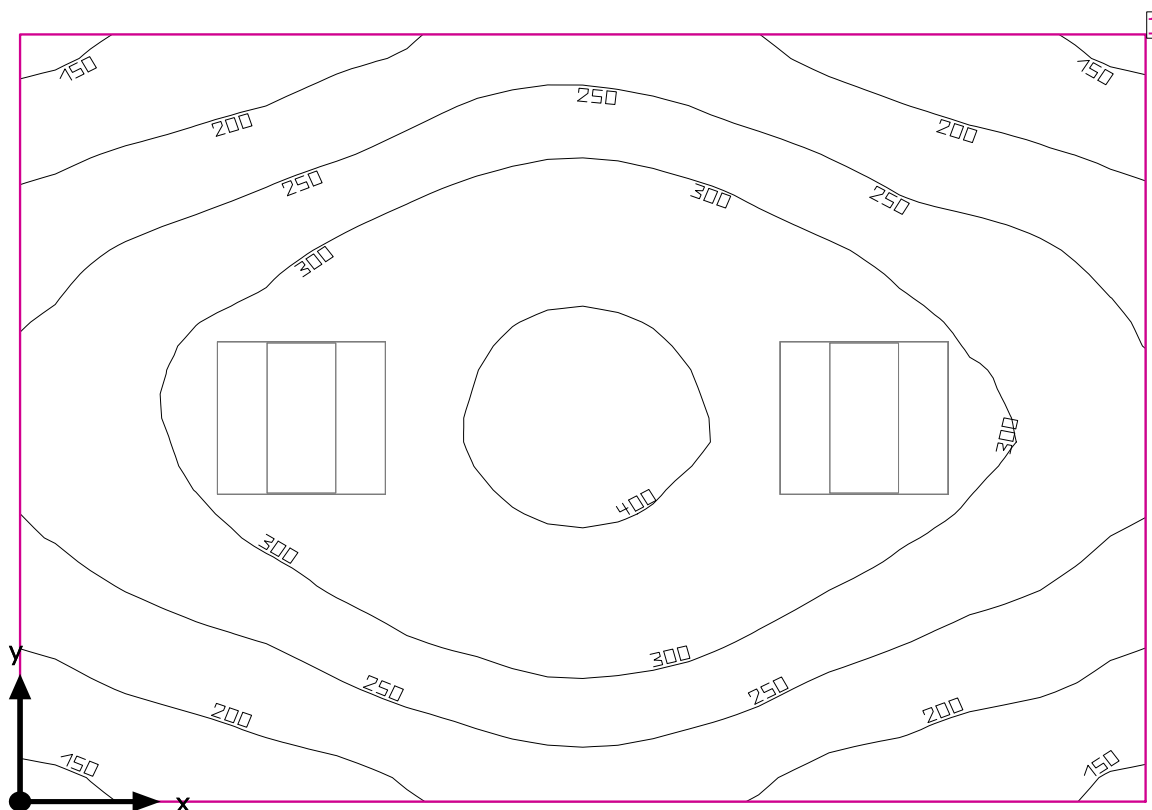
Materiály

Stropy	70.0	%
Stěny	50.0	%
Podlahy	20.0	%

Nastavit zpět

Naposledy použito ▶

Obrázek 24 Odrasnosti ploch osvětlovací soustavy 1



Obrázek 25 Rozložení osvětlenosti osvětlovací soustavy 1

Světla výška prostoru: 2.800 m, Stupně odrazu: Strop 70.0%, Stěny 50.0%, Podlaha 20.0%, Činitel údržby: viz Datový list údržby

# Svítidlo	Φ(Svítidlo) [lm]	Výkon [W]	Světelný výtěžek [lm/W]
2 Thorn Lighting - 96 235 394 CINQLINE 3X14W HF WL4 RPF DSB L000 [STD]	2911	47.0	61.9
Součet všech svítidel	5822	94.0	61.9

Specifický příkon: 7.83 W/m<sup>2</sup> (Základní plocha prostrou 12.00 m<sup>2</sup>)

Spotřeba: 370 kWh/a od maximálně 450 kWh/a

Hodnoty spotřeby energie neberou ohled na světelné scény a jejich ztlumené stavy.

Obrázek 26 Spotřeba světelného zdroje osvětlovací soustavy 1

Kantýna, kuchyň

21.04.2019

DIALux

Plocha 1 / Budova 1 / Poschodí 1 / / Hodnoty údržby

#### Všeobecné prostorové informace

Metoda činitele údržby  
Okolní podmínka  
Interval čištění

CIE 97:2005  
Čistý  
1.0 Roky

Svítidlo	Hodnoty údržby
2 ks Thorn Lighting - 96 235 394 CINQLINE 3X14W HF WL4 RPF DSB L000 [STD]	
Osazení: 1 ks 3xT16 47.0 W	
Interval čištění	2.0 Roky
Typ osvětlení	Přímo
Typ svítidla	Výrobce dodává soubory
Roční provozní hodiny	3900 h
Typ sv. zdroje	3-zónová zářivka s nízkoztrátovým předřadníkem
Interval výměny žárovek	1.0 Roky
Okamžitá výměna vadných žárovek	Ano
Činitel údržby místnosti (RMF)	0.98
Činitel znečištění svítidel (LMF)	0.80
Činitel stárnutí sv. zdrojů (LLMF)	0.93
Činitel životnosti žárovky (LSF)	1.00
<b>Činitel údržby (MF)</b>	<b>0.73</b>

Obrázek 27 Výsledky udržovacího činitele osvětlovací soustavy 1

## 5.2 Osvětlovací soustava 2

Hrubý výpočet počítačem		
Cíl	305	lx
Aktuální	341	lx

Obrázek 28 Naddimenzování osvětlovací soustavy 2

Faktory údržby		
Výstup světla 1		
Místnost		
Činitel údržby místnosti	RMF	0.99
Okolní podmínka	Čistý	
Interval čištění	1.0 Roky	
Oblast	.	
Svítilno		
Typ svítidla	Výrobce dodává soubory	
Interval čištění	2.0	Roky
Činitel znečištění svítidel	LMF	0.80
Zdroje:		
Typ sv. zdroje	3-zónová zářivka s nízkoztrátovým předřadníkem	
Roční provozní hodiny	3900	
Interval výměny	3.0	Roky
Defektní žárovky	Okamžitá výměna	
Činitel stárnutí sv. zdrojů	LLMF	0.90
Činitel životnosti žárovky	LSF	0.93
Výsledek		
Činitel údržby	MF	0.66
Poznámka		

Obrázek 29 Faktory údržby osvětlovací soustavy 2

$$MF_{Dimenzování} = \frac{1}{MF} = \frac{1}{0,66} = 1,52 = 1,52 \cdot 100 = 152 \%$$

$$E_m = 200 \cdot 1,36 = 304 \text{ lx}$$

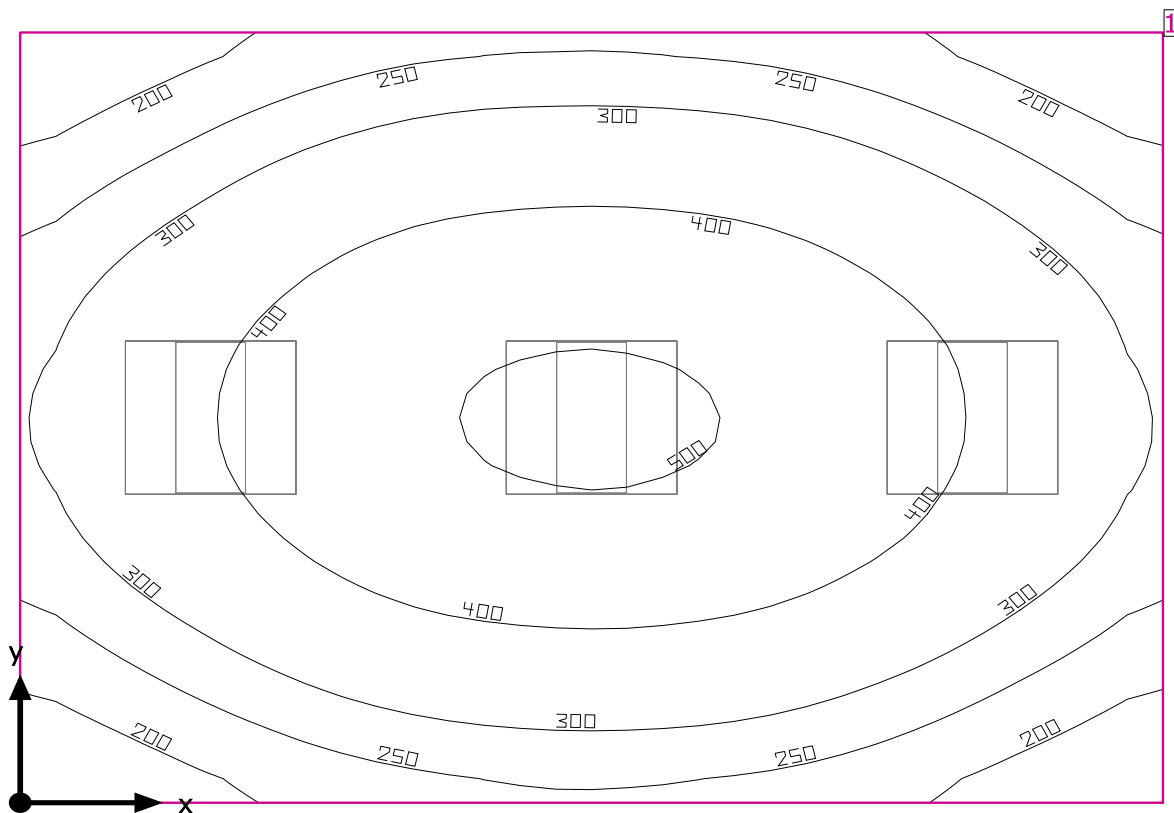
Jelikož nám vyšel udržovací činitel 0,66 je nutno nadidmenzovat osvětlovací soustavu minimálně na hodnotu 304 lx. Udržovací činitel v tomto případě vyšel větší, neboť jsme zvolili v tomto případě odraznost stěny o 20% menší, než v prvním případě. Dalším faktorem, který změnil výsledek bylo zamítnutí individuální výměny světelného zdroje v osvětlovací soustavě, a tím se činitel životnosti žárovky LSF snížil na hodnotu 0,93. V tomto případě osvětlenost osvětlovací soustavy vychází  $E = 341 \text{ lx}$ , což je zapříčiněno tím, že je v této soustavě o jeden světelný zdroj více. S třemi světelnými zdroji nám už vychází naddimenzování světelné soustavy.

Materiály		
Stropy	70.0	%
Stěny	30.0	%
Podlahy	20.0	%

Nastavit zpět

Naposledy použito ►

Obrázek 30 Odraznosti ploch osvětlovací soustavy 2



Obrázek 31 Rozložení osvětlenosti osvětlovací soustavy 2

Světla výška prostoru: 2.800 m, Stupně odrazu: Strop 70.0%, Stěny 30.0%, Podlaha 20.0%, Činitel údržby: viz Datový list údržby

#### Uživatelská úroveň

Plocha	Výsledek	Průměr (Pož.)	Min	Max	Min/střední	Min/Max
1 Uživatelská úroveň (.)	Svislá intenzita osvětlení (adaptivní) [lx] Výška: 0.800 m, Okrajová zóna: 0.000 m	337 (≥ 200)	147	512	0.44	0.29

#	Svítilidlo	Φ(Svítilidlo) [lm]	Výkon [W]	Světelný výtěžek [lm/W]
3	Thorn Lighting - 96 235 394 CINQLINE 3X14W HF WL4 RPF DSB L000 [STD]	2911	47.0	61.9
Součet všech svítidel		8733	141.0	61.9

Specifický příkon:  $11.75 \text{ W/m}^2 = 3.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha prostrou 12.00 m<sup>2</sup>)

Spotřeba: 550 kWh/a od maximálně 450 kWh/a

Hodnoty spotřeby energie neberou ohled na světelné scény a jejich ztlumené stavy.

Obrázek 32 Spotřeba světelného zdroje osvětlovací soustavy 2

•

**Všeobecné prostorové informace**

Metoda činitele údržby

CIE 97:2005

Okolní podmínka

Čistý

Interval čištění

1.0 Roky

Svítilno	Hodnoty údržby
3 ks Thorn Lighting - 96 235 394 CINQLINE 3X14W HF WL4 RPF DSB L000 [STD]	
Osazení: 1 ks 3xT16 47.0 W	
Interval čištění	2.0 Roky
Typ osvětlení	Přímo
Typ svítidla	Výrobce dodává soubory
Roční provozní hodiny	3900 h
Typ sv. zdroje	3-zónová zářivka s nízkoztrátovým předřadníkem
Interval výměny žárovek	3.0 Roky
Okamžitá výměna vadných žárovek	Ne
Činitel údržby místnosti (RMF)	0.99
Činitel znečištění svítidel (LMF)	0.80
Činitel stárnutí sv. zdrojů (LLMF)	0.90
Činitel životnosti žárovky (LSF)	0.93
<b>Činitel údržby (MF)</b>	<b>0.66</b>

Obrázek 33 Výsledky udržovacího činitele osvětlovací soustavy 2

## 5.3 Porovnání nákladů osvětlovacích soustav

Pokud budeme zohledňovat náklady na osvětlení můžeme si je jednoduše vypočítat.

Výpočet pro soustavu a)

$$P_s = 47 \text{ W}$$

$$P_c = n \cdot P_s = 2 \cdot 47 = 94 \text{ W}$$

$$P = P_c \cdot t_r = 94 \cdot 3900 = 366,6 \text{ kWh}$$

$$c = P \cdot C_e = 366,6 \cdot 4 = 1466 \text{ Kč}$$

Výpočet pro soustavu b)

$$P_s = 47 \text{ W}$$

$$P_c = n \cdot P_s = 3 \cdot 47 = 141 \text{ W}$$

$$P = P_c \cdot t_r = 141 \cdot 3900 = 550 \text{ kWh}$$

$$c = P \cdot C_e = 550 \cdot 4 = 2200 \text{ Kč}$$

Příklad		Soustava a)	Soustava b)
Udržovací činitel	(-)	0,73	0,66
Počet svítidel	ks	2	3
Celkový spotřeba	kWh	366,6	550
<b>Cena</b>	<b>Kč</b>	<b>1466</b>	<b>2200</b>

*Tabulka 10 Porovnání osvětlovacích soustav a jejich nákladů na provoz*



## Závěr

Je nepochybné že světlo je velmi důležité pro život a dobré světelné podmínky napomáhají k vykonávání různých činností. Proto je nutné se o danou osvětlovací soustavu starat a udržovat ji. V teoretické části této bakalářské práce se zabývám problematikou udržovacího činitele v soustavě vnitřního osvětlování. Jsou zde popsány faktory, které danou osvětlovací soustavu znehodnocují a s kterými je důležité počítat už při návrhu osvětlovací soustavy. V posledním bodu se řeší problematika zastaralých norem, které nevyhovují, protože vývoj LED světelných zdrojů jde rychle kupředu ale vytvoření normy trvá příliš dlouhou dobu. Je jasné že udržovací činitel je velmi důležitý faktor osvětlovací soustavy (jak vnitřní, tak i venkovní) a čeká ho ještě mnoho změn.

V praktické části bakalářské práce se zabývám výpočtem udržovacího činitele pomocí online programu. Dále jsem navrhnul pomocí programu Dialux dvě odlišné osvětlovací soustavy. Jednotlivé varianty jsou také porovnány a zhodnoceny z ekonomického hlediska. Při srovnání můžeme usoudit, že údržba osvětlovací soustavy je velmi důležitá jak z technického, tak i ekonomického hlediska a neměla by být zanedbávána. Přesto že se jedná o naprosto jednoduchou soustavu, která se skládá pouze ze dvou světelných zdrojů (v osvětlovací soustavě 1) a ze tří světelných zdrojů (v osvětlovací soustavě 2) je zde názorně a jednoduše zobrazeno, že pokud budeme přihlížet na udržovací činitel, tak můžeme z ekonomického hlediska ušetřit značnou částku. V našem případě se jedná pouze o rozdíl 734 Kč, ale pokud bychom brali osvětlovací soustavu, která by byla 100x větší byla by tato cena opravdu razantní (73 400 Kč).

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [3] SOKANSKÝ. *Kurz osvětlovací techniky XXXIV*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-4220-2.
- [4] *ÚSPORY ENERGIE V OSVĚTLOVÁNÍ PŘI HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV* [online]. OSTRAVA, 2009 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: [http://www.csorsostrava.cz/publikace/Uspory\\_energie\\_v\\_osvetlovani\\_pri\\_hodnoceni\\_energeticke\\_narocnosti\\_budov/Zaverecna\\_zprava.pdf](http://www.csorsostrava.cz/publikace/Uspory_energie_v_osvetlovani_pri_hodnoceni_energeticke_narocnosti_budov/Zaverecna_zprava.pdf)
- [5] *Projekce a konstrukce vyhrazených technických zařízení (VTZ) elektro, díl II.* [online]. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2014 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [http://www.csorsostrava.cz/index\\_ucebni\\_texty.htm](http://www.csorsostrava.cz/index_ucebni_texty.htm)
- [6] [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <http://top-osvetleni.cz/navrhy-osvetleni/profesionalni-navrhy-osvetleni/446-udrzovaci-cinitel-svetelne-soustavy>
- [7] *Maintenance of outdoor lighting systems*. Austria, 2003. ISBN 3 901 906 xx x.
- [8] Jak se vyznat ve světelně technickém návrhu. *Doublepower* [online]. 2007 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.doublepower.cz/jak-se-vyznat-ve-svetelne-technickem-navrhu/>
- [9] [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3891-udrzba-osvetlovacich-soustav-opomijeny-zdroj-uspor>
- [10] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory ČSN EN 12464-1. *ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. ICS 91.160.10.
- [11] *Výpočet udržovacího činitele vnitřní osvětlovací soustavy* [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <http://www.svetloblog.cz/index.php?svetlo=vypocet-udrzovaciho-cinitele>
- [12] KOUDELKA, Ctirad. *Světlo a osvětlování* [online]. Ostrava, 2005, září, , 20 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/svetlo%20a%20osvetlovani.pdf>

[13] *LED & Maintenance Factors* [online]. 2018 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z:  
<https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwik65mw9fPhAhX7xcQBHXx3DpAQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.whitecroftlighting.com%2Fproducts%2Fdownloads%2Fcareline%2F553%2Fled-maintenance-factors.pdf%2F&usg=AOvVaw3478vs7wQDzcPETI9VCSne>